

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2001118664 A**

(43) Date of publication of application: **27.04.01**

(51) Int. Cl.

H05B 3/16
H01L 21/027
H05B 3/10
H05B 3/20
H05B 3/68

(21) Application number: **2000131210**

(22) Date of filing: **28.04.00**

(30) Priority: **09.08.99 JP 11225696**

(71) Applicant: **IBIDEN CO LTD**

(72) Inventor: **ITO YASUTAKA**
HIRAMATSU YASUJI

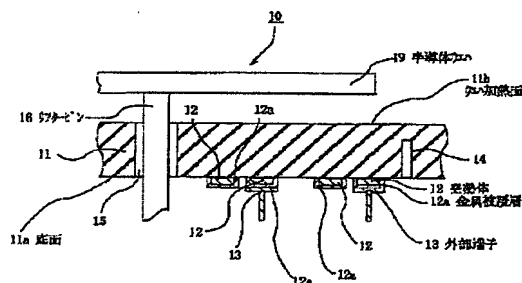
(54) **CERAMIC HEATER**

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a ceramic heater to prevent heat flow from the ceramic heater to the supporting vessel or the like and to give a uniform temperature for the ceramic basal plate.

SOLUTION: The ceramic heater 10 comprises a heating element on the surface or inside the ceramic basal plate. The surface roughness of the side face of the ceramic basal plate is $R_{max}=0.1$ to $200\text{ }\mu\text{m}$ of JIS B 0601.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 セラミック基板の表面または内部に発熱体が設けられてなるセラミックヒータであって、前記セラミック基板の側面の面粗度が、JIS B 0601

$R_{max}=0.1\sim 200\mu m$ であることを特徴とするセラミックヒータ。

【請求項 2】 前記面粗度は、JIS B 0601 $R_{max}=0.5\sim 200\mu m$ である請求項 1 に記載のセラミックヒータ。

【請求項 3】 前記セラミック基板は、支持容器に嵌め込まれてなる請求項 1 または 2 に記載のセラミックヒータ。

【請求項 4】 前記セラミック基板は、窒化物セラミックである請求項 1～3 のいずれか 1 に記載のセラミックヒータ。

【請求項 5】 前記セラミック基板は、炭化物セラミックまたは酸化物セラミックである請求項 1～3 のいずれか 1 に記載のセラミックヒータ。

【請求項 6】 前記セラミックヒータは、半導体ウエハ加熱用である請求項 1～5 のいずれか 1 に記載のセラミックヒータ。

【請求項 7】 前記セラミック基板の厚さは、1.5mm を超える請求項 1～6 のいずれか 1 に記載のセラミックヒータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体産業において使用され、主として半導体ウエハの加熱に使用されるセラミックヒータに関する。

【0002】

【従来の技術】半導体製品は、半導体ウエハ上に感光性樹脂をエッチングレジストとして形成し、半導体ウエハのエッチングを行う工程等を経て製造される。この感光性樹脂は液状であり、スピンコーターなどを用いて半導体ウエハ表面に塗布されるのであるが、塗布後に溶剤等を飛散させるため乾燥させなければならず、塗布した半導体ウエハをヒータ上に載置して加熱することになる。従来、このような用途に使用される金属製のヒータとしては、アルミニウム板の裏面に発熱体を配置したものが採用されている。

【0003】ところが、このような金属製のヒータは、以下のような問題があった。まず、金属製であるため、ヒータ板の厚みは、15mm 程度と厚くしなければならない。なぜなら、薄い金属板では、加熱に起因する熱膨張により、反り、歪み等が発生してしまい、金属板上に載置した半導体ウエハが破損したり傾いたりしてしまうからである。しかしながら、ヒータ板の厚みを厚くすると、ヒータの重量が重くなり、また、かさばってしまうという問題があった。

【0004】また、発熱体に印加する電圧や電流量を

えることにより、加熱温度を制御するのであるが、金属板が厚いために、電圧や電流量の変化に対してヒータ板の温度が迅速に追従せず、温度制御しにくいという問題もあった。

【0005】そこで、特開平 9-306642 号公報、特開平 4-324276 号公報、特開平 7-280462 号公報、米国特許第 5643483 号等に記載されているように、基板として熱伝導率が高く、強度も大きい非酸化物セラミックである AlN を使用し、この AlN 基板の表面または内部に発熱体が形成されたセラミックヒータが提案されている。このようなセラミックヒータは、通常、シールリングを介して支持容器に嵌め込まれて使用される。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、本発明者らの試験では、このようなセラミックヒータのウエハ加熱面の外周に温度不均一部分が発生するという意外な問題が発生した。また、特にセラミック基板を支持容器に嵌め込まず載置する場合には、セラミック基板の側面が露出するため、該側面からセラミック粒子に起因するパーティクルの脱粒の問題が発生した。

【0007】ウエハ加熱面の温度の不均一という問題は、側面とシールリングとの接触面積に関係しており、側面の面粗度を小さくしすぎると、上記接触面積が大きくなり熱がシールリングを介して伝導するため、セラミックヒータの外周部に低温領域が生ずるものと考えられる。

【0008】

【課題を解決するための手段】そこで、本発明者は、このような従来技術の問題について鋭意検討した結果、セラミック基板の側面を一定範囲に粗化することにより、シールリングを介してセラミック基板を嵌め込む場合には、シールリングとの接触部分を点接触として、セラミック基板の温度を均一化することができることを見出した。

【0009】また、シールリングにセラミック基板側面が接触せず露出する場合には、側面の面粗度が大きすぎると、あたかも側面が放熱フィンのような効果を奏して外周に温度不均一部分が発生してしまったり、パーティクルが発生するが、面粗度を一定以下にすることでこのような問題も解決することができることを見出し、本発明を完成するに至った。

【0010】即ち、本発明のセラミックヒータは、セラミック基板の表面または内部に発熱体が設けられてなるセラミックヒータであって、セラミック基板の側面の面粗度が、JIS B 0601 $R_{max}=0.1\sim 200\mu m$ であることを特徴とする。

【0011】本発明のセラミックヒータによれば、側面部分が上記のように一定の範囲で粗化されているので、セラミック基板が支持容器に嵌め込まれた場合、セラミ

ック基板側面における支持容器との接触を点接触とすることができ、セラミックヒータから支持容器への熱の伝導を抑制してセラミック基板の温度を均一化することができる。

【0012】上記側面の面粗度が大きすぎると、シールリングに接触している場合であっても放熱フィンのような効果を奏してしまい、熱が放熱してセラミック基板の外周部分に低温領域が生じてしまう。一方、面粗度が小さすぎると、シールリングとの接触面積が大きくなり、また、シールリングがない場合でも、側面と接触している空気の滞留がないため、逆に放熱性が上がってしまい、結局セラミック基板の外周部分に低温領域が生じてしまう。

【0013】即ち、セラミック基板の放熱性を抑制する側面の粗度に関する特定の範囲が存在することを本発明者らは知見したのである。本発明では、最高温度と最低温度の温度差は180℃で0.5℃、400℃で8℃

(2%)、500℃で20℃(4%)程度であれば実用に耐えられると考えており、このような範囲を達成するためには、セラミック基板の側面の面粗度を、 $R_{max}=0.1\sim200\mu m$ とすればよい。望ましくは、 $R_{max}=0.5\sim200\mu m$ である。

【0014】また、上記セラミック基板は、熱伝導率が高く、ヒータ板の表面温度を発熱体の温度変化に迅速に追従させることができ、ウエハ加熱面の温度を良好に制御することができるとともに、機械的な強度が大きいので、ヒータ板が反ったりすることはなく、その上に載置した半導体ウエハが破損するのを防止することができる。

【0015】本発明のセラミックヒータにおいて、前記セラミック基板は、支持容器に嵌め込まれていることが望ましく、窒化物セラミック、炭化物セラミックまたは酸化物セラミックであることが望ましい。また、前記セラミックヒータは、半導体ウエハ加熱用であることが望ましく、前記セラミック基板の厚さは、1.5mmを超えることが望ましい。

【0016】

【発明の実施の形態】本発明のセラミックヒータは、セラミック基板の表面または内部に発熱体が設けられてなるセラミックヒータであって、セラミック基板の側面の面粗度が、JIS B 0601 $R_{max}=0.1\sim200\mu m$ であることを特徴とする。

【0017】図1は、本発明のセラミックヒータの一例を模式的に示す平面図であり、図2はその一部を示す部分拡大断面図である。セラミックからなる基板(以下、ヒータ板ともいう)11は、円板状に形成されており、発熱体12は、ヒータ板11のウエハ加熱面11bの全体の温度が均一になるように加熱するため、ヒータ板11の底面に同心円状のパターンに形成されている。

【0018】また、これら発熱体12は、互いに近い二

重の同心円同士が1組として、1本の線になるように接続され、その両端に入出力の端子となる外部端子13が金属被覆層12aを介して接続されている。また、中央に近い部分には、半導体ウエハ19を運搬等するリフターピン16を挿通するための貫通孔15が形成され、さらに、測温素子を挿入するための有底孔14が形成されている。なお、図1～2に示したセラミックヒータ10において、発熱体12はヒータ板11の底部に設けられているが、ヒータ板11の内部に設けられていてもよい。以下、本発明のセラミックヒータを構成する部材等について詳細に説明する。

【0019】本発明のセラミックヒータ10では、ヒータ板の材料として、窒化物セラミック、炭化物セラミックおよび酸化物セラミックを用いているが、これは、熱膨張係数が金属より小さく、薄くしても、加熱により反ったり、歪んだりしないため、ヒータ板11を薄くて軽いものとすることができるからである。

【0020】また、ヒータ板11の熱伝導率が高く、またヒータ板自体薄いため、ヒータ板11の表面温度が、発熱体の温度変化に迅速に追従する。即ち、電圧、電流量を変えて発熱体の温度を変化させることにより、ヒータ板11の表面温度を良好に制御することができるのである。ヒータ板の材料として、窒化物セラミックを用いる場合に、特に、セラミックヒータが上記特性に優れる。

【0021】上記窒化物セラミックとしては、例えば、窒化アルミニウム、窒化ケイ素、窒化ホウ素、窒化チタン等が挙げられる。また、上記炭化物セラミックとしては、炭化珪素、炭化チタン、炭化硼素等が挙げられる。さらに、上記酸化物セラミックとしては、アルミナ、コージェライト、ムライト、シリカ、ベリリア等が挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。これらのなかでは、窒化アルミニウムが最も好ましい。熱伝導率が180W/m・Kと最も高いからである。

【0022】ヒータ板11の側面11cは、ヒータ板11の側面11cから支持容器への熱の伝導によりウエハ加熱面の外周部の温度が低下するのを防止するため、JIS B 0601に基づく面粗度が、 $R_{max}=0.1\sim200\mu m$ 、望ましくは0.5～200 μm になるように粗化处理が施されている。

【0023】上記面粗度 R_{max} が0.1未満であると、側面部分が露出している場合には、側面部分に空気の滞留が全くなり、側面に次々と新しい空気が接触して空気が熱を奪ってしまうため温度が低下しやすくなり、側面がシールリングに接触している場合には、シールリングとの接触面積が大きくなり、熱がシールリングを介して伝導するため温度が低下しやすくなる。また、 R_{max} が0.5 μm 未満であっても、やはり、シールリングとの接触が面接触に近くなるため、ヒータ板の側

面からシールリングへ熱が伝導しやすく、ウエハ加熱面の外周部の温度の低下を防止するのが困難となる場合がある。一方、上記面粗度の R_{max} が $200\mu m$ を超えると、粗化処理自体が困難となるだけでなく、放熱フィンのような作用によって放熱性が上がってしまい、やはり外周部の温度の低下を防止するのが困難となるから。

【0024】即ち、ヒータ板とシールリングとの接触の有無にかかわらず、 $R_{max}=0.1\sim 200\mu m$ 、望ましくは $0.5\sim 200\mu m$ になるように調整することにより、外周部の温度の低下を防止することができる。

【0025】また、面粗度を $R_{max}=200$ 以下に調整することでセラミック粒子の脱落を防止してパーティクルの発生を抑制することができ、さらに、セラミック基板を急速昇温した場合に外周と内部との温度差に起因して、セラミック基板にクラックが発生するのを防止することができる。上記面粗度は、 $R_{max}=1\sim 20\mu m$ が最適である。粗化面から脱粒してパーティクルが発生することを防止するためである。

【0026】粗化処理の方法としては、特に限定されるものではないが、例えば、アルミナ、ジルコニア、SiC等からなる粒子を側面に吹き付けるサンドブラスト処理が挙げられる。また、 $\#50\sim\#800$ のダイヤモンド砥石を使用して側面を研磨したり、ダイヤモンドスラリーを用いてポリシングした後に、上記サンドブラスト処理を行う方法を用いてもよい。

【0027】上記セラミックヒータのヒータ板11の厚さは、 $0.5\sim 2.5mm$ が好ましい。 $0.5mm$ より薄いと、強度が低下するため破損しやすくなり、 $2.5mm$ を超えると温度追従性が低下する。より好ましくは、 $1.5mm$ を超え $5mm$ 以下である。 $5mm$ より厚くなると、熱が伝搬しにくくなり、加熱の効率が低下する傾向が生じ、一方、 $1.5mm$ 以下であると、側面の面積自体が小さいため、セラミックヒータの外周の温度低下という問題自体が発生しにくく、また、強度が低下して破損する場合があるからである。なお、特開平2000-21961号公報には、一定の側面面粗度を持った静電チャックが開示されているがセラミックヒータに関する技術ではない。

【0028】本発明のセラミックヒータにおけるセラミック基板の直径は $150mm$ を超えるものが望ましく、特に $200mm$ 以上が好適である。このような直径が大きいものほど外周の温度低下が著しいからである。

【0029】本発明のセラミックヒータでは、半導体ウエハをセラミック基板のウエハ載置面に接触させた状態で載置するほか、半導体ウエハを支持ピンなどで支持し、セラミックス基板との間に一定の間隔を保って保持する場合や、セラミック基板に貫通孔が設けられ、この貫通孔にリフターピンが挿入されて、ウエハを保持する場合がある。このリフターピンを上下することにより、搬送機からウエハを受け取ったり、ウエハをセラミック

基板上に載置したり、ウエハを支持したまま加熱したりすることができる。

【0030】セラミック基板の表面または内部に形成される発熱体12は、少なくとも2以上の回路に分割されていることが望ましい。回路を分割することにより、各回路に投入する電力を制御して発熱量を変えることができ、半導体ウエハの加熱面の温度を調整することができるからである。

【0031】発熱体12のパターンとしては、例えば、同心円、渦巻き、偏心円、屈曲線などが挙げられるが、ヒータ板全体の温度を均一にすることができる点から、図1に示したような同心円状のものが好ましい。

【0032】発熱体12をヒータ板11の表面に形成する場合には、金属粒子を含む導体ペーストをヒータ板11の表面に塗布して所定パターンの導体ペースト層を形成した後、これを焼き付け、ヒータ板11の表面で金属粒子を焼結させる方法が好ましい。なお、金属の焼結は、金属粒子同士および金属粒子とセラミックとが融着していれば充分である。ヒータ板の表面に発熱体を設ける場合は、加熱面は発熱体形成面の反対側である。ヒータ板が熱拡散の役割をするため加熱面の温度均一性を向上させるからである。

【0033】ヒータ板11の表面に発熱体を形成する場合には、発熱体の厚さは、 $1\sim 30\mu m$ が好ましく、 $1\sim 10\mu m$ がより好ましい。また、ヒータ板11の内部に発熱体を形成する場合には、その厚さは、 $1\sim 50\mu m$ が好ましい。

【0034】また、ヒータ板11の表面に発熱体を形成する場合には、発熱体の幅は、 $0.1\sim 20mm$ が好ましく、 $0.1\sim 5mm$ がより好ましい。また、ヒータ板11の内部に発熱体を形成する場合には、発熱体の幅は、 $5\sim 20\mu m$ が好ましい。

【0035】発熱体12は、その幅や厚さにより抵抗値に変化を持たせることができるが、上記した範囲が最も実用的である。抵抗値は、薄く、また、細くなる程大きくなる。発熱体12は、ヒータ板11の内部に形成した場合の方が、厚み、幅とも大きくなるが、発熱体12を内部に設けると、加熱面と発熱体12との距離が短くなり、表面の温度の均一性が低下するため、発熱体自体の幅を広げる必要があること、内部に発熱体12を設けるために、窒化物セラミック等との密着性を考慮する必要性がないため、タングステン、モリブデンなどの高融点金属やタングステン、モリブデンなどの炭化物を使用することができ、抵抗値を高くすることが可能となるため、断線等を防止する目的で厚み自体を厚くしてもよい。そのため、発熱体12は、上記した厚みや幅とすることが望ましい。

【0036】発熱体12は、断面形状が矩形であっても楕円であってもよいが、偏平であることが望ましい。偏平の方がウエハ加熱面に向かって放熱しやすいため、加

熱面の温度分布ができにくいからである。断面のアスペクト比（発熱体の幅／発熱体の厚さ）は、10～5000であることが望ましい。この範囲に調整することにより、発熱体12の抵抗値を大きくすることができるとともに、加熱面の温度の均一性を確保することができるからである。

【0037】発熱体12の厚さを一定とした場合、アスペクト比が上記範囲より小さいと、ヒータ板11のウエハ加熱方向への熱の伝搬量が小さくなり、発熱体12のパターンに近似した熱分布が加熱面に発生してしまい、逆にアスペクト比が大きすぎると発熱体12の中央の直上部分が高温となってしまう。結局、発熱体12のパターンに近似した熱分布が加熱面に発生してしまう。従って、温度分布を考慮すると、断面のアスペクト比は、10～5000であることが望ましいのである。

【0038】発熱体12をヒータ板11の表面に形成する場合は、アスペクト比を10～200、発熱体12をヒータ板11の内部に形成する場合は、アスペクト比を200～5000とすることが望ましい。発熱体12は、ヒータ板11の内部に形成した場合の方が、アスペクト比が大きくなるが、これは、発熱体12を内部に設けると、加熱面と発熱体12との距離が短くなり、表面の温度均一性が低下するため、発熱体12自体を偏平にする必要があるからである。

【0039】発熱体12をヒータ板11の内部に偏芯して形成する場合の位置は、ヒータ板11の加熱面に対向する面（底面）に近い位置で、加熱面から底面までの距離に対して50%を超え、99%までの位置とすることが望ましい。50%以下であると、加熱面に近すぎるため、温度分布が発生してしまい、逆に、99%を超えると、ヒータ板11自体に反りが発生して、半導体ウエハが破損するからである。

【0040】また、発熱体12をヒータ板11の内部に形成する場合には、発熱体形成層を複数層設けてもよい。この場合は、各層のパターンは、相互に補完するようにどこかの層に発熱体12が形成され、ウエハ加熱面の上方から見ると、どの領域にもパターンが形成されている状態が望ましい。このような構造としては、例えば、互いに千鳥の配置になっている構造が挙げられる。なお、発熱体12をヒータ板11の内部に設け、かつ、その発熱体12を一部露出させてもよい。

【0041】導体ペーストとしては特に限定されないが、導電性を確保するための金属粒子または導電性セラミックが含有されているほか、樹脂、溶剤、増粘剤などを含むものが好ましい。

【0042】上記金属粒子としては、例えば、貴金属（金、銀、白金、パラジウム）、鉛、タングステン、モリブデン、ニッケルなどが好ましい。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。これらの金属は、比較的酸化しにくく、発熱するに十分な抵抗値を

有するからである。上記導電性セラミックとしては、例えば、タングステン、モリブデンの炭化物などが挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。

【0043】これら金属粒子または導電性セラミック粒子の粒径は、0.1～100μmが好ましい。0.1μm未満と微細すぎると、酸化されやすく、一方、100μmを超えると、焼結しにくくなり、抵抗値が大きくなるからである。

【0044】上記金属粒子の形状は、球状であっても、リン片状であってもよい。これらの金属粒子を用いる場合、上記球状物と上記リン片状物との混合物であってもよい。上記金属粒子がリン片状物、または、球状物とリン片状物との混合物の場合は、金属粒子間の金属酸化物を保持しやすくなり、発熱体12と窒化物セラミック等との密着性を確実にし、かつ、抵抗値を大きくすることができるため有利である。

【0045】導体ペーストに使用される樹脂としては、例えば、エポキシ樹脂、フェノール樹脂などが挙げられる。また、溶剤としては、例えば、イソプロピルアルコールなどが挙げられる。増粘剤としては、セルロースなどが挙げられる。

【0046】導体ペーストには、金属粒子に金属酸化物を添加し、発熱体12と金属粒子および金属酸化物とを焼結させたものとするのが望ましい。このように、金属酸化物を金属粒子とともに焼結させることにより、ヒータ板である窒化物セラミック等と金属粒子とをより密着させることができる。

【0047】金属酸化物を混合することにより、窒化物セラミック等との密着性が改善される理由は明確ではないが、金属粒子表面や窒化物セラミック等の表面は、わずかに酸化されて酸化膜が形成されており、この酸化膜同士が金属酸化物を介して焼結して一体化し、金属粒子と窒化物セラミック等とが密着するのではないかと考えられる。また、ヒータ板を構成するセラミックが酸化物セラミックの場合は、当然に表面が酸化物からなるので、密着性に優れた導体層が形成される。

【0048】上記金属酸化物としては、例えば、酸化鉛、酸化亜鉛、シリカ、酸化ホウ素（ B_2O_3 ）、アルミナ、イットリアおよびチタニアからなる群から選ばれた少なくとも1種が好ましい。

【0049】これらの酸化物は、発熱体12の抵抗値を大きくすることなく、金属粒子と窒化物セラミック等との密着性を改善することができるからである。

【0050】上記酸化鉛、酸化亜鉛、シリカ、酸化ホウ素（ B_2O_3 ）、アルミナ、イットリア、チタニアの割合は、金属酸化物の全量を100重量部とした場合、重量比で、酸化鉛が1～10、シリカが1～30、酸化ホウ素が5～50、酸化亜鉛が20～70、アルミナが1～10、イットリアが1～50、チタニアが1～50で

あって、その合計が100重量部を超えない範囲で調整されていることが望ましい。これらの範囲で、これらの酸化物の量を調整することにより、特に窒化物セラミック等との密着性を改善することができる。

【0051】上記金属酸化物の金属粒子に対する添加量は、0.1重量%以上10重量%未満が好ましい。また、このような構成の導体ペーストを使用して発熱体12を形成した際の面積抵抗率は、1~45mΩ/□が好ましい。

【0052】面積抵抗率が45mΩ/□を超えると、印加電圧量に対して発熱量は大きくなりすぎて、ヒータ板の表面に発熱体12を設けたヒータ板11では、その発熱量を制御しにくいからである。なお、金属酸化物の添加量が10重量%以上であると、面積抵抗率が50mΩ/□を超えてしまい、発熱量が大きくなりすぎて温度制御が難しくなり、温度分布の均一性が低下する。

【0053】発熱体12がヒータ板11の表面に形成される場合には、発熱体12の表面部分に、金属被覆層12aが形成されていることが望ましい。内部の金属焼結体が酸化されて抵抗値が変化するのを防止するためである。形成する金属被覆層12aの厚さは、0.1~10μmが好ましい。

【0054】金属被覆層12aを形成する際に使用される金属は、非酸化性の金属であれば特に限定されないが、具体的には、例えば、金、銀、パラジウム、白金、ニッケルなどが挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。これらのなかでは、ニッケルが好ましい。

【0055】発熱体12には、電源と接続するための端子が必要であり、この端子は、半田を介して発熱体12に取り付けるが、ニッケルは、半田の熱拡散を防止するからである。接続端子としては、例えば、コパール製のものが挙げられる。

【0056】なお、発熱体12をヒータ板11の内部に形成する場合には、発熱体表面が酸化されることがないため、被覆は不要である。発熱体12をヒータ板11内部に形成する場合、発熱体の一部が表面に露出しているもよく、発熱体12を接続するためのスルーホールが端子部分に設けられ、このスルーホールに外部端子が接続、固定されていてもよい。

【0057】外部端子13を接続する場合、半田としては、銀-鉛、鉛-スズ、ビスマス-スズなどの合金を使用することができる。なお、半田層の厚さは、0.1~50μmが好ましい。半田による接続を確保するのに十分な範囲だからである。

【0058】また、図2に示したように、ヒータ板11に貫通孔15を設けてその貫通孔15にリフターピン16を挿入し、半導体ウエハを図示しない搬送機に渡したり、搬送機から半導体ウエハを受け取ったりすることができる。

【0059】以上、説明したような構成のセラミックヒータは、通常、支持容器に設置されて使用されることが多い。図3は、セラミックヒータが支持容器に嵌め込まれた状態を模式的に示した断面図である。支持容器30は、主として薄い金属材料により形成され、有底円筒形状の構造を有し、平板状の底部31を備え、円筒の上端部分が内側に折れて縁部36を構成している。そして、縁部36の上にシールリング37が載置、固定され、このシールリング37に円板形状のセラミックヒータ20が嵌め込まれている。

【0060】セラミックヒータ20は、底部に発熱体22が設けられ、中央部分には、セラミックヒータ20上に載置される半導体ウエハを支持し、上下動させるためのリフターピンを挿通する貫通孔25が形成されている。

【0061】一方、支持容器30の底部31には、セラミックヒータ20の貫通孔15とともにリフターピンを挿通するためのピン挿通スリーブ32、および、冷却エア等を供給し、排出するための冷媒供給口33、冷媒排出口34が設けられており、発熱体22の端部に接続された外部端子23からのコード38を通すためのシールパッキング39を備えている。

【0062】支持容器30は、シールリング37にセラミックヒータ20を嵌め込んだ状態でその内部に冷却エアを流すことができるように気密構造となっており、通常は特段の加工を施さない。

【0063】次に、本発明のセラミックヒータの製造方法について説明する。まず、ヒータ板11の底面に発熱体が形成されたセラミックヒータ(図1~2参照)の製造方法について説明する。

【0064】(I) ヒータ板の作製工程
上述した窒化アルミニウムなどのセラミックの粉末に必要に応じてイットリア(Y₂O₃)等の焼結助剤、Na、Caを含む化合物、バインダ等を配合してスラリーを調製した後、このスラリーをスプレードライ等の方法で顆粒状にし、この顆粒を金型などに入れて加圧することにより板状などに成形し、生成形体(グリーン)を作製する。

【0065】次に、生成形体に、必要に応じて、半導体ウエハを運搬等するためのリフターピンを挿入する貫通孔となる部分や熱電対などの測温素子を埋め込むための有底孔となる部分等を形成する。

【0066】次に、この生成形体を加熱、焼成して焼結させ、セラミック製の板状体を製造する。この後、所定の形状に加工することにより、ヒータ板11を作製するが、焼成後にそのまま使用することができる形状としてもよい。加圧しながら加熱、焼成を行うことにより、気孔のないヒータ板11を製造することが可能となる。加熱、焼成は、焼結温度以上であればよいが、例えば、窒化物セラミックでは、1000~2500℃である。こ

の後、サンドブラスト等により、ヒータ板11の側面に粗化処理を施す。側面のみでなく、ヒータ板11の底部の外周部に粗化処理を施してもよい。

【0067】(2) ヒータ板に導体ペーストを印刷する工程

導体ペーストは、一般に、金属粒子、樹脂、溶剤からなる粘度の高い流動物である。この導体ペーストをスクリーン印刷などを用い、発熱体を設けようとする部分に印刷を行うことにより、導体ペースト層を形成する。発熱体は、ヒータ板全体を均一な温度にする必要があることから、図1に示すような同心円状からなるパターンに印刷することが望ましい。導体ペースト層は、焼成後の発熱体12の断面が、方形で、偏平な形状となるように形成することが望ましい。

【0068】(3) 導体ペーストの焼成

ヒータ板11の底面に印刷した導体ペースト層を加熱焼成して、樹脂、溶剤を除去するとともに、金属粒子を焼結させ、ヒータ板11の底面に焼き付け、発熱体12を形成する。加熱焼成の温度は、500～1000℃が好ましい。導体ペースト中に上述した金属酸化物を添加しておくと、金属粒子、ヒータ板および金属酸化物が焼結して一体化するため、発熱体とヒータ板との密着性が向上する。

【0069】(4) 金属被覆層の形成

発熱体12表面には、金属被覆層12aを設けることが望ましい。金属被覆層12aは、電解めっき、無電解めっき、スパッタリング等により形成することができるが、量産性を考慮すると、無電解めっきが最適である。

【0070】(5) 端子等の取り付け

発熱体12のパターンの端部に電源との接続のための端子(外部端子13)を半田で取り付ける。また、有底孔14に銀ろう、金ろうなどで熱電対を固定するか、あるいは、ポリイミド等の耐熱樹脂を用いるか、封止ガラス(鉛系ガラス)を400～500℃で加熱溶融させて封止し、セラミックヒータの製造を終了する。この後、セラミックヒータは、図3に示した支持容器30のシールリング37に嵌め込まれ、ヒータとして使用される。

【0071】次に、ヒータ板11の内部に発熱体12が形成されたセラミックヒータの製造方法について説明する。

(1) ヒータ板の作製工程

まず、窒化物セラミック等のセラミックの粉末をバインダ、溶剤等と混合してペーストを調製し、これを用いてグリーンシートを作製する。

【0072】上述したセラミック粉末としては、例えば、窒化アルミニウムなどを使用することができ、必要に応じて、イットリア等の焼結助剤、Na、Caを含む化合物等を加えてもよい。また、バインダとしては、アクリル系バインダ、エチルセルロース、ブチルセロソルブ、ポリビニラールから選ばれる少なくとも1種が望ま

しい。

【0073】さらに溶媒としては、 α -テルピオーネ、グリコールから選ばれる少なくとも1種が望ましい。これらを混合して得られるペーストをドクターブレード法でシート状に成形してグリーンシートを作製する。グリーンシートの厚さは、0.1～5mmが好ましい。

【0074】次に、得られたグリーンシートに、必要に応じて、半導体ウエハを運搬等するためのリフターピンを挿入する貫通孔15となる部分、熱電対などの測温素子を埋め込むための有底孔となる部分、発熱体を外部の端ピンと接続するためのスルーホール18となる部分等を形成する。後述するグリーンシート積層体を形成した後に、上記加工を行ってもよい。また、焼結体を得た後、これらの加工を行ってもよい。

【0075】(2) グリーンシート上に導体ペーストを印刷する工程

グリーンシート上に、発熱体を形成するための金属ペーストまたは導電性セラミックを含む導体ペーストを印刷する。これらの導体ペースト中には、金属粒子または導電性セラミック粒子が含まれている。

【0076】タングステン粒子またはモリブデン粒子の平均粒子径は、0.1～5 μ mが好ましい。平均粒子径が0.1 μ m未満であるか、5 μ mを超えると、導体ペーストを印刷しにくいからである。このような導体ペーストとしては、例えば、金属粒子または導電性セラミック粒子85～87重量部；アクリル系、エチルセルロース、ブチルセロソルブ、ポリビニラールから選ばれる少なくとも1種のバインダ1.5～10重量部；および、 α -テルピオーネ、グリコールから選ばれる少なくとも1種の溶媒を1.5～10重量部を混合した組成物(ペースト)が挙げられる。

【0077】(3) グリーンシートの積層工程

導体ペーストを印刷していないグリーンシートを、導体ペーストを印刷したグリーンシートの上下に積層する。このとき、上側に積層するグリーンシートの数を下側に積層するグリーンシートの数よりも多くして、発熱体の形成位置を底面の方向に偏芯させる。具体的には、上側のグリーンシートの積層数は20～50枚が、下側のグリーンシートの積層数は5～20枚が好ましい。

【0078】(4) グリーンシート積層体の焼成工程

グリーンシート積層体の加熱、加圧を行い、グリーンシートおよび内部の導体ペーストを焼結させる。加熱温度は、1000～2000℃が好ましく、加圧の圧力は、10～20MPaが好ましい。加熱は、不活性ガス雰囲気で行う。不活性ガスとしては、例えば、アルゴン、窒素などを使用することができる。この後、サンドブラスト等により、ヒータ板の側面に粗化処理を施す。側面のみでなく、ヒータ板の底面の外周部に粗化処理を施してもよい。

【0079】なお、焼成を行った後に、測温素子を挿入

するための有底孔を設けてもよい。有底孔は、表面研磨後に、サンドブラストなどをブラスト処理を行うことにより形成することができる。また、内部の発熱体と接続するためのスルーホールに外部端子 13 を半田層等を介して接続し、加熱してリフローする。加熱温度は、200～500℃が好適である。さらに、測温素子としての熱電対などを有底孔に挿入し、銀ろう、金ろうなどで取り付け、ポリイミドなどの耐熱性樹脂で封止し、セラミックヒータの製造を終了する。この後、セラミックヒータは、図 3 に示した支持容器 30 のシールリング 37 に

10 嵌め込まれ、ヒータとして使用される。
【0080】なお、本発明のセラミックヒータでは、静電電極を設けて静電チャックとして使用することができる。また、表面にチャップトップ導体層を設け、内部にガード電極やグランド電極を設けることによりウエハローバとして使用することができる。

【0081】

【実施例】以下、本発明をさらに詳細に説明する。

(実施例 1)

(1) 窒化アルミニウム粉末 (平均粒径: 1.1 μm) 1 20 00 重量部、イットリア (平均粒径: 0.4 μm) 4 重量部、アクリルバインダ 12 重量部およびアルコールからなる組成物のスプレードライを行い、顆粒状の粉末を作製した。

【0082】(2) 次に、この顆粒状の粉末を金型に入れ、平板状に成形して生成形体 (グリーン) を得た。

【0083】(3) 加工処理の終わった生成形体を 1800℃、圧力: 20 MPa でホットプレスし、厚さが 3 mm の窒化アルミニウム板状体を得た。次に、この板状体から直径 210 mm の円板体を切り出し、セラミック製の 30 板状体 (ヒータ板 11) とした。この成形体にドリル加工を施し、半導体ウエハのリフターピンを挿入する貫通孔 15 となる部分、熱電対を埋め込むための有底孔 14 となる部分 (直径: 1.1 mm、深さ: 2 mm) を形成した。このヒータ板 11 の側面 11c を平均粒子径 5 μm のアルミナのサンドブラストで処理し、側面 11c に JIS B 0601 で、Rmax = 7 μm の凹凸を形成した。

【0084】(4) 上記 (3) で得たヒータ板 11 に、スクリーン印刷にて導体ペーストを印刷した。印刷パターン 40 は、図 1 に示したような同心円状のパターンとした。導体ペーストとしては、プリント配線板のスルーホール形成に使用されている徳力化学研究所製のソルベスト PS 603D を使用した。この導体ペーストは、銀-鉛ペーストであり、銀 100 重量部に対して、酸化鉛 (5 重量%)、酸化亜鉛 (55 重量%)、シリカ (10 重量%)、酸化ホウ素 (25 重量%) およびアルミナ (5 重量%) からなる金属酸化物を 7.5 重量部含むものであった。また、銀粒子は、平均粒径が 4.5 μm で、リン片状のものであった。

【0085】(5) 次に、導体ペーストを印刷したヒータ板 11 を 780℃ で加熱、焼成して、導体ペースト中の銀、鉛を焼結させるとともにヒータ板 11 に焼き付け、発熱体 12 を形成した。銀-鉛の発熱体は、厚さが 5 μm 、幅 2.4 mm、面積抵抗率が 7.7 m Ω /□ であった。

【0086】(6) 硫酸ニッケル 80 g/l、次亜リン酸ナトリウム 24 g/l、酢酸ナトリウム 12 g/l、ほう酸 8 g/l、塩化アンモニウム 6 g/l の濃度の水溶液からなる無電解ニッケルめっき浴に上記 (5) で作製したヒータ板 11 を浸漬し、銀-鉛の発熱体 12 の表面に厚さ 1 μm の金属被覆層 (ニッケル層) 12a を析出させた。

【0087】(7) 電源との接続を確保するための外部端子 13 を取り付ける部分に、スクリーン印刷により、銀-鉛半田ペースト (田中貴金属社製) を印刷して半田層を形成した。ついで、半田層の上にコパル製の外部端子 13 を載置して、420℃ で加熱リフローし、外部端子 13 を発熱体の表面に取り付けた。

【0088】(8) 温度制御のための熱電対をポリイミドで封止し、セラミックヒータ 10 を得た。

【0089】(実施例 2～7) 側面の処理条件を下記のようにして実施した以外は、実施例 1 と同様にしてセラミックヒータを製造した。側面の面粗度 Rmax を下記の表 1 に示す。

実施例 2: #200 のダイヤモンド砥石で側面を研磨した後、平均粒径 200 μm の SiC でサンドブラスト処理を行った。

実施例 3: #200 のダイヤモンド砥石で側面を研磨した。

実施例 4: #400 のダイヤモンド砥石で側面を研磨した。

実施例 5: #800 のダイヤモンド砥石で研磨を行った。

実施例 6: 平均粒径 0.5 μm のダイヤモンドペースト (マルトー社製) でポリシングを行った。

実施例 7: 平均粒径 0.25 μm のダイヤモンドペースト (マルトー社製) でポリシングを行った。

【0090】(実施例 8) SiC 製のセラミックヒータの製造

(1) SiC 粉末 (平均粒径: 1.1 μm) 100 重量部、焼結助剤の B、C を 0.5 重量部、アクリル系バインダ 12 重量部およびアルコールからなる組成物のスプレードライを行い、顆粒状の粉末を作製した。

【0091】(2) 次に、この顆粒状の粉末を金型に入れ、平板状に成形して生成形体 (グリーン) を得た。

(3) 加工処理の終わった生成形体を 1900℃、圧力: 20 MPa でホットプレスし、厚さが 3 mm の SiC セラミック基板を得た。次に、この板状体の表面から直径 210 mm の円板体を切り出し、側面を平均粒径 5 μm の

アルミナのサンドブラストで処理し、面粗度 $R_{max} = 7 \mu m$ のセラミック基板とした。

(4) このセラミック基板に、ガラスペースト（昭栄化学工業社製 G-5177）を塗布して、 $1000^{\circ}C$ に加熱して厚さ $1 \mu m$ の SiO_2 の膜を形成した。

【0092】この成形体にドリル加工を施し、シリコンウエハのリフターピンを挿入する貫通孔となる部分、熱電対を埋め込むための有底孔となる部分（直径：1.1mm、深さ：2mm）を形成した。

【0093】(5) 上記(4)で得たセラミック基板に、スクリーン印刷にて導体ペーストを印刷した。印刷パターンは、図2に示したような同心円状のパターンとした。導体ペーストとしては、プリント配線板のスルーホール形成に使用されている徳力化学研究所製のソルベストPS603Dを使用した。この導体ペーストは、銀ペーストであり、銀100重量部に対して、酸化鉛（5重量%）、酸化亜鉛（5重量%）、シリカ（10重量%）、酸化ホウ素（25重量%）およびアルミナ（5重量%）からなる金属酸化物を7.5重量部含むものであった。また、銀粒子は、平均粒径が $4.5 \mu m$ で、リン片状のものであった。

【0094】(6) 次に、導体ペーストを印刷したセラミック基板を $780^{\circ}C$ で加熱、焼成して、導体ペースト中の銀、鉛を焼結させるとともに基板に焼き付け、発熱体を形成した。銀-鉛の発熱体は、厚さが $5 \mu m$ 、幅2.4mm、面積抵抗率が $7.7 m\Omega/\square$ であった。

【0095】(7) 硫酸ニッケル80g/l、次亜リン酸ナトリウム24g/l、酢酸ナトリウム12g/l、ほう酸8g/l、塩化アンモニウム6g/lの濃度の水溶液からなる無電解ニッケルめっき浴に上記(6)で作製した基板31を浸漬し、銀-鉛の発熱体12の表面に厚さ $1 \mu m$ の金属被覆層（ニッケル層）を析出させた。

【0096】(8) 電源との接続を確保するための端子を取り付ける部分に、スクリーン印刷により、銀-鉛半田ペースト（田中貴金属社製）を印刷して半田層を形成した。ついで、半田層の上にコパール製の端子ピンを載置して、 $420^{\circ}C$ で加熱タフローし、端子ピンを発熱体の表面に取り付けた。

【0097】(9) 温度制御のための熱電対を有底孔14に嵌め込み、セラミック接着剤（東亜合成社製 アロンセラミック）を埋め込んで固定しセラミックヒータを得た。このセラミックヒータ10を支持容器上に側面が露出するように固定した。

【0098】（実施例9～13）側面の処理条件を下記のように設定した以外は、実施例8と同様にしてセラミ

ックヒータを製造した。側面の面粗度 R_{max} を下記の表1に示す。

実施例9：#200のダイヤモンド砥石で、側面を研磨した後、平均粒径 $200 \mu m$ のSiCでサンドブラストを行った。

実施例10：#200のダイヤモンド砥石で側面を研磨した。

実施例11：#400のダイヤモンド砥石で側面を研磨した。

10 実施例12：#800のダイヤモンド砥石で研磨を行った。

実施例13：平均粒径 $0.5 \mu m$ のダイヤモンドペースト（マルトー社製）でポリシングを行った。

【0099】（比較例1）実施例1と同様にしてセラミックヒータを製造したが、セラミック基板の側面を側面を $0.1 \mu m$ のダイヤモンドペースト（マルトー社製）でポリシングして面粗度を $R_{max} = 0.05 \mu m$ とした。

【0100】（比較例2）

20 (1) 実施例1と同様にしてセラミックヒータを製造した後、側面を平均粒径 $250 \mu m$ のアルミナのサンドブラストで処理し、側面11cにJIS B 0601で、 $R_{max} = 210 \mu m$ の凹凸を形成した。

【0101】（比較例3）実施例8と同様にしてセラミックヒータを製造したが、セラミック基板の側面を側面を $0.1 \mu m$ のダイヤモンドペースト（マルトー社製）でポリシングして面粗度を $R_{max} = 0.05 \mu m$ とした。

30 【0102】（比較例4）実施例8と同様にしてセラミックヒータを製造したが、ヒータ板を製造した後、側面を平均粒子径 $250 \mu m$ のアルミナのサンドブラストで処理し、側面にJIS B 0601で、 $R_{max} = 210 \mu m$ の凹凸を形成した。

【0103】実施例および比較例にかかるセラミックヒータを図3に示した支持容器30のシールリング37に嵌め込み、セラミックヒータに通電した後、中心部分の温度を $400^{\circ}C$ および $500^{\circ}C$ まで上昇させ、中心部分と外周部との温度差 ΔT をサーモピュア（日本データム社製 IR-16-2012-0012）で測定した。

40 また、パーテクルの発生の有無を目視で確認し、さらに、 $400^{\circ}C$ まで45秒で昇温して割れが発生するか否か確認した。その結果を表1に示した。

【0104】

【表1】

	面粗度 R _{max} (μ m)	ΔT (°C)		割れ	パーティクル
		(400°C)	(500°C)		
実施例 1	7	6	8	無	無
実施例 2	180	8	12	無	無
実施例 3	50	8	10	無	無
実施例 4	22	8	10	無	無
実施例 5	15	6	8	無	無
実施例 6	2	6	8	無	無
実施例 7	0.4	8	20	無	無
実施例 8	7	6	7	無	無
実施例 9	180	7	10	無	無
実施例 10	50	7	9	無	無
実施例 11	22	7	9	無	無
実施例 12	15	5	7	無	無
実施例 13	2	5	7	無	無
比較例 1	0.05	18	25	有	無
比較例 2	210	13	15	有	有
比較例 3	0.05	12	15	有	無
比較例 4	210	13	15	有	有

【0105】実施例 1～13 で得られたセラミックヒータでは、 ΔT (400°C) = 5～8°C、 ΔT (500°C) = 7～20°C と中心部分と外周部分の温度差は余りなかったが、比較例 1～4 で得られたセラミックヒータでは、 ΔT (400°C) = 12～18°C、 ΔT (500°C) = 15～25°C と中心部分と外周部分とで大きな温度差が発生した。また、比較例にかかるセラミックヒータでは、400°C までの急速昇温により、割れが発生し、さらに、比較例 2、4 ではセラミックヒータを嵌め込む際に粗化面から脱粒してパーティクルが発生した。

【0106】

【発明の効果】以上説明したように本発明の半導体ウエハ加熱用セラミックヒータによれば、側面部分が好適に粗化されているので、セラミックヒータから支持容器や空気中への熱の伝導を抑制してセラミック基板の温度を均一化することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の半導体ウエハ加熱用セラミックヒータ

の一例を模式的に示す底面図である。

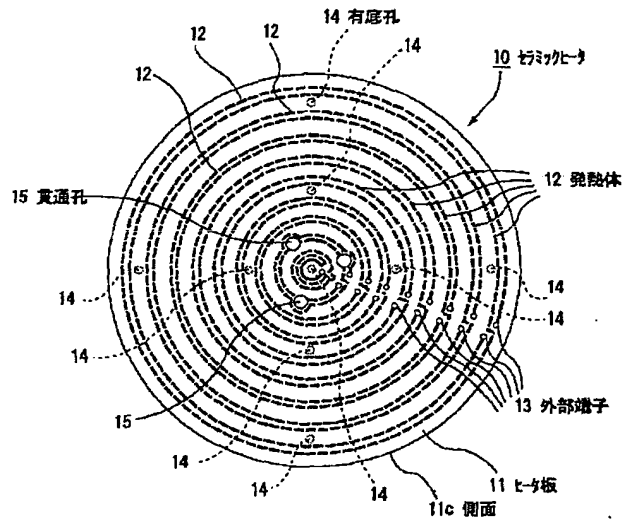
【図 2】図 1 に示した半導体ウエハ加熱用セラミックヒータの一部を模式的に示す断面図である。

【図 3】半導体ウエハ加熱用セラミックヒータが設置された支持容器を模式的に示した断面図である。

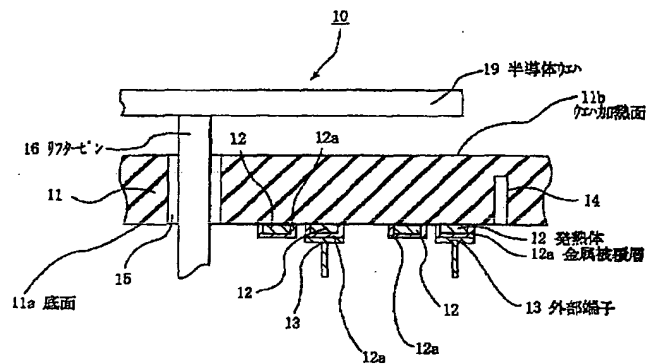
【符号の説明】

- 10 セラミックヒータ
- 11 ヒータ板
- 11a 底面
- 11b ウエハ加熱面
- 11c 側面
- 12 発熱体
- 12a 金属被覆層
- 13 外部端子
- 14 有底孔
- 15 貫通孔
- 16 リフターピン
- 19 半導体ウエハ

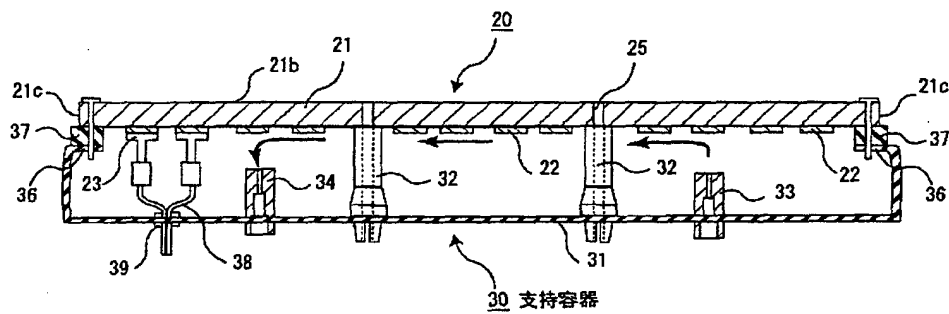
【図 1】



【図 2】



【図 3】



フロントページの続き

Fターム(参考) 3K034 AA02 AA21 AA22 AA34 BA02
 BA11 BB06 BB14 BC01 BC12
 CA03 CA15 CA26 CA39 DA04
 DA08 EA07 HA01 HA10
 3K092 PP09 QA05 QB02 QB18 QB33
 QB44 QB45 QB61 QB69 QB74
 QB76 QC02 QC16 QC38 QC42
 QC52 QC62 RF03 RF11 RF17
 RF22 RF30 TT06 UA05 UA17
 UA18 VV22
 5F046 KA04